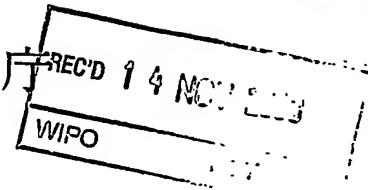


10/533948
PCT/JP03/13647

24.10.03

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年11月 5日

出願番号
Application Number: 特願2002-321705

[ST. 10/C]: [JP2002-321705]

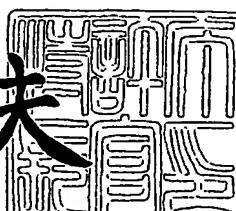
出願人
Applicant(s): ソニー株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 8月15日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 0290491206
【提出日】 平成14年11月 5日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02B 5/00
【発明者】
【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内
【氏名】 堀田 慎
【発明者】
【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内
【氏名】 月原 浩一
【発明者】
【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内
【氏名】 大島 朗文
【発明者】
【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内
【氏名】 水沢 卓
【発明者】
【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内
【氏名】 阿部 正昭
【特許出願人】
【識別番号】 000002185
【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100067736

【弁理士】

【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

【識別番号】 100086335

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 築一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096677

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707387

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照射装置及び照射方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ビームを射出するレーザ光源と、平板状の被照射物を支持するステージと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の正面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記正面に対し照射する照射手段と、

上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御手段と、

上記射出制御手段により制御された上記光ビームを上記被照射物の正面に対して上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被照射物の正面に沿って直交する第2の方向へ、上記ステージを上記照射手段に対して相対移動させる第1の制御手段と、

上記第1の制御手段による制御の後に上記ステージを上記照射手段に対して上記第1の方向に相対移動させる制御を行う第2の制御手段とを備え、

上記第2の制御手段により制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第1の制御手段により制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第1の制御手段による照射がなされていることを特徴とする照射装置。

【請求項2】 上記レーザ光源は、パルス発振することを特徴とする請求項1記載の照射装置。

【請求項3】 上記射出制御手段は、上記偏向角が第1の極値となってから θ_a となったときに上記レーザ光源からの光ビームパルス発振を開始し、続いて θ_b となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を停止する第1の制御と、上記偏向角が第2の極値となってから θ_c となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を開始し、続いて θ_d となったときに上記レーザ光源からのパルス発振

を停止する第2の制御とを交互に行うこと

を特徴とする請求項3記載の照射装置。

【請求項4】 上記 θ_a と上記 θ_d とは等しく且つ上記 θ_b と上記 θ_c とは等しいこと

を特徴とする請求項2記載の照射装置。

【請求項5】 上記 θ_a は上記 θ_d よりも上記第1の極値に近い値であり、且つ上記 θ_c は上記 θ_b よりも上記第2の極値に近い値であること

を特徴とする請求項3記載の照射装置。

【請求項6】 上記偏向手段は、以下の式1に示す周波数 f_{galvo} で上記光ビームを偏向し、

上記可動ステージは、以下の式2に示す速度 V_{stage} で第1の方向へ移動すること

を特徴とする請求項5記載の照射装置。

$$f_{galvo} = (F_{rep} \cdot W_x) / (2D) \dots \text{式1}$$

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (2D) \dots \text{式2}$$

(但し、 F_{rep} はレーザ光源のパルス発振の繰り返し周波数であり、 W_x は被照射物上に形成されるスポットの第1の方向に沿った長さであり、 W_y は被照射物上に形成されるスポットの第2の方向に沿った長さであり、 D はレーザ光源から射出された光ビームが理想的に偏向されたときに被照射物上に形成される光ビームの中心の軌跡の振幅である。)

【請求項7】 上記射出制御手段は、上記偏向角が θ_a から θ_b の光ビームが照射されることで形成される第1の照射領域の第1の方向に沿った長さと、上記偏向角が θ_c から θ_d の光ビームが照射されることで形成される第2の照射領域の第1の方向に沿った長さを一致させ、且つ上記第1の照射領域と上記第2の照射領域との第1の方向に沿ったずれの長さを $W_x / 3$ とするとともに、

上記偏向手段は、以下の式3に示す周波数 f_{galvo} で光ビームを偏向し、

上記可動ステージは、以下の式4に示す速度 V_{stage} で、上記被照射物を、第1の方向へ移動すること

を特徴とする請求項5記載の照射装置。

$$f_{galvo} = (F_{rep} \cdot W_x) / (3D) \dots \text{式3}$$

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (3D) \dots \text{式4}$$

【請求項8】 上記 θ_d は上記 θ_a よりも上記第1の極値に近い値であり、且つ上記 θ_b は上記 θ_c よりも上記第2の極値に近い値であることを特徴とする請求項3記載の照射装置。

【請求項9】 上記偏向手段は、以下の式5に示す周波数 f_{galvo} で上記光ビームを偏向し、

上記可動ステージは、以下の式6に示す速度 V_{stage} で第1の方向へ移動すること

を特徴とする請求項8記載の照射装置。

$$f_{galvo} = (F_{rep} \cdot W_x) / (2D) \dots \text{式5}$$

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (2D) \dots \text{式6}$$

【請求項10】 上記制御手段は、上記偏向角が θ_a から θ_b の光ビームが照射されることで形成される第1の照射領域の第1の方向に沿った長さと、上記偏向角が θ_c から θ_d の光ビームが照射されることで形成される第2の照射領域の第1の方向に沿った長さとを一致させ、且つ上記第1の照射領域と上記第2の照射領域との第1の方向に沿ったずれの長さを $W_x / 3$ とするとともに、

上記偏向手段は、以下の式7に示す周波数 f_{galvo} で光ビームを偏向し、

上記可動ステージは、以下の式8に示す速度 V_{stage} で、上記被照射物を第1の方向へ移動させること、

を特徴とする請求項8記載の照射装置。

$$f_{galvo} = (F_{rep} \cdot W_x) / (3D) \dots \text{式7}$$

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (3D) \dots \text{式8}$$

【請求項11】 上記偏向手段は、ガルバノメータであることを特徴とする請求項1記載の照射装置。

【請求項12】 上記第1の制御手段は、上記ステージを上記被照射物に対して第2の方向へ移動させるリニアモータを備えていること

を特徴とする請求項1記載の照射装置。

【請求項13】 上記第2の制御手段は、上記ステージを上記被照射物に対し

て第1の方向へ移動するためのパルスモータを備えること
を特徴とする請求項1記載の照射装置。

【請求項14】 上記レーザ光源は、固体レーザであること
を特徴とする請求項1記載の照射装置。

【請求項15】 光ビームを射出するレーザ光源と、
平板状の被照射物を支持し、上記被照射物の主面に平行な方向に当該被照射物
を移動させる可動ステージと、

偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する
偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビーム
を上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記
主面に対し照射する照射手段と、

上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御
する射出制御手段とを備えること
を特徴とする照射装置。

【請求項16】 光ビームを射出するレーザ光源と、
平板状の被照射物を支持する可動ステージと、
偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する
偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビーム
を上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記
主面に対し照射する照射手段と、

上記射出制御手段により制御された上記光ビームを上記被照射物の主面に対し
て上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被
照射物の主面に沿って直交する第2の方向へ、上記ステージを上記照射手段に対
して相対移動させる第1の制御手段と、

上記第1の制御手段による制御の後に上記ステージを上記照射手段に対して上
記第1の方向に相対移動させる制御を行う第2の制御手段とを備え、

上記第2の制御手段により制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる
複数の位置において、上記第1の制御手段により制御がなされた照射を上記被
照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上

記異なる複数の位置における上記第1の制御手段による制御がなされていることを特徴とする照射装置。

【請求項17】 レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向ステップを有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射ステップと、

上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御ステップと、

上記射出制御ステップにおいて射出が制御された上記光ビームを、上記被照射物の主面に対して上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被照射物の主面に沿って直交する第2の方向へ、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第1の制御ステップと、

上記第1の制御ステップにおける制御の後に、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第2の制御ステップとを備え、

上記第2の制御ステップにおいて制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第1の制御ステップにおいて制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第1の制御ステップによる照射がなされていること

を特徴とする照射方法。

【請求項18】 上記射出ステップでは、レーザ光源が光ビームをパルス発振すること

を特徴とする請求項17記載の照射方法。

【請求項19】 上記射出制御ステップでは、偏向角が第1の極値となってから上記偏向角が θ_a となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を開始し、続いて上記偏向角が θ_b となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を停止

する第1の制御と、上記偏向角が第2の極値となってから上記偏向角が θ_c となつたときに上記レーザ光源からのパルス発振を開始し、続いて上記偏向角が θ_d となつたときに上記レーザ光源からのパルス発振を停止する第2の制御とを交互に行うこと

を特徴とする請求項18記載の照射方法。

【請求項20】 上記 θ_a と上記 θ_d とは等しく且つ上記 θ_b と上記 θ_c とは等しいこと

を特徴とする請求項19記載の照射方法。

【請求項21】 上記 θ_a は上記 θ_d よりも上記第1の極値に近い値であり、且つ上記 θ_c は上記 θ_d よりも第2の極値に近い値であること

を特徴とする請求項19記載の照射方法。

【請求項22】 上記 θ_d は上記 θ_a よりも第1の極値に近い値であり、且つ上記 θ_c は上記 θ_b よりも第2の極値に近い値であること

を特徴とする請求項19記載の照射方法。

【請求項23】 レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、平板状の被照射物を、当該被照射物の主面に平行な方向に移動させる移動ステップと、

偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射ステップと、

上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御ステップとを備えること

を特徴とする照射方法。

【請求項24】 レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向ステップを有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射ステップと、

上記射出制御ステップにおいて射出が制御された上記光ビームを、上記被照射物の正面に対して上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被照射物の正面に沿って直交する第2の方向へ、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記正面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第1の制御ステップと、

上記第1の制御ステップにおける制御の後に、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記正面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第2の制御ステップとを備え、

上記第2の制御ステップにおいて制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第1の制御ステップにおいて制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第1の制御ステップによる照射がなされていること

を特徴とする照射方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、ポリシリコン薄膜トランジスタの製造などに使用されるレーザアニール装置などの照射装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体素子を製造するときなどに使用されるレーザアニール装置では、レーザ光源として、出力される光ビームのエネルギーが高いエキシマレーザが使用されている。

【0003】

エキシマレーザにはガスが充填されているが、このガスは、時間が経過するに従って化学反応などにより劣化してしまう。したがって、エキシマレーザを使用すると、ガスを毎日交換するなど煩雑なメンテナンスが必要となるとともに、コストが高くなる。また、ガスを交換するときには、レーザアニール装置を停止さ

せる必要が生じるため、停止している時間分だけ生産効率が低下してしまう。また、エキシマレーザは、射出される光ビームのエネルギーが不安定である。例えば、ガス交換を行った後には、射出される光ビームのエネルギーが高くなる。したがって、レーザ光源としてエキシマレーザを採用したレーザアニール装置を使用すると、アニール対象物を均一にアニールすることが困難となり、歩留まりが低下する。

【0004】

以上説明した理由により、レーザ光源として、射出される光ビームのエネルギーが安定しておりメンテナンスが不要である固体レーザを採用することが検討されている。

【0005】

固体レーザは、パルス当たりのエネルギー量がエキシマレーザと比較して小さいが、パルス発振の繰り返し周波数を上げることができる。例えば、エキシマレーザでは、パルス当たりのエネルギー量が約1Jであり且つパルス発振の繰り返し周波数が約200Hzであるため、1秒間に射出するエネルギー量は約200Wである。一方、固体レーザでは、例えばパルス当たりのエネルギー量が約1mJであり且つパルス発振の繰り返し周波数が約10kHzであるため、1秒間に射出するエネルギー量は約10Wである。したがって、固体レーザは、単位時間に射出される光ビームのエネルギーを比較すると、エキシマレーザの1/20になる。すなわち、レーザ光源として固体レーザを使用するときには、固体レーザを20個使用することで、単位時間当たりにa-Siに対して照射するエネルギーをエキシマレーザと同じとすることができる。

【0006】

しかしながら、固体レーザは1パルス当たりのエネルギーが低い。例えば、上述した条件で固体レーザが光ビームを射出したときには、固体レーザを20個使用した場合でも、1パルス当たりのエネルギーは約20mJとなり、エキシマレーザの約1/50となる。a-Siを充分にアニールするためには、a-Siに対して一定の値以上のエネルギー密度を有する光ビームを照射する必要がある。したがって、レーザ光源として固体レーザを使用したときには、エキシマレーザ

を使用したときと比較して、射出されたレーザ光の光軸に垂直な断面の面積を小さくする必要が生じる。

【0007】

固体レーザから射出された光ビームを、エネルギー密度が均一で一定の値以上であるラインビームに成形するためには、光ビームにおける光軸に垂直な断面のアスペクト比を非常に高くする必要が生じる。光ビームにおける光軸に垂直な断面のアスペクト比を非常に高くするビーム成形光学系には、非常に小さく且つ絶対精度が高い光学素子を多数使用する必要が生じる。すなわち、当該ビーム成形光学系は、構成が複雑であり且つエネルギーの利用効率が低いものとなる。以上説明した理由により、固体レーザから射出された光ビームを、エネルギー密度が均一で一定の値以上であるラインビームに成形することは、非常に困難となる。

【0008】

したがって、レーザ光源として固体レーザを使用するときには、固体レーザから射出された光ビームを、光軸に垂直な断面のアスペクト比が低くなるように成形し、偏向させながら被照射物に対して照射することによって、アニール対象物上に生じるスポットを、二次元方向に走査させることが好ましい。

【0009】

また、固体レーザは、エキシマレーザと比較してパルス発振の繰り返し周波数が約50倍である。したがって、レーザ光源として固体レーザを採用したときには、アニール対象物に対する光ビームの照射回数を増やさないために、レーザ光源としてエキシマレーザを採用したときと比較して、可動ステージの移動速度を約50倍とする必要がある。しかし、可動ステージの移動速度を、レーザ光源としてエキシマレーザを採用したときに対して約50倍とすると、可動ステージは移動速度が非常に高速となるため、摩耗するなどの問題が生じる虞がある。

【0010】

以上説明した問題点を解決するレーザアニール装置としては、図23に示すように、レーザ光源として固体レーザ101を採用しており、可動ステージ102が図中矢印Yで示すようにアニール対象物105の正面と平行な方向に移動し、図中矢印Xで示すように矢印Y方向と垂直であり且つアニール対象物105の主

面と平行な方向に、スポット105aを移動させる反射鏡103及びガルバノメータ104を備えたレーザアニール装置120が挙げられる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

レーザアニール装置120において、可動ステージ102及びガルバノメータ104を駆動させる具体的な方法としては、まず、可動ステージ102を静止した状態でガルバノメータ104を駆動して反射鏡103を矢印X方向の一端から他端まで移動させることと、ガルバノメータ104を静止した状態で可動ステージ102を矢印Y方向に移動させることとを交互に行うステップアンドリピート法が挙げられる。

【0012】

ところが、ステップアンドリピート法を採用すると、可動ステージ102及びガルバノメータ104の一方を静止させた後に他方を駆動させることによってタイムロスが生じ、生産性が著しく低下する。また、可動ステージ102及びガルバノメータ104の両方が位置精度良く駆動しないと、アニール対象物105に対する光ビームの照射回数にはばらつきが生じてしまう。

【0013】

したがって、レーザアニール装置120では、可動ステージ102を矢印Y方向に定速移動させながらガルバノメータ104を駆動して反射鏡103を矢印X方向に振動させて、アニール対象物105上のスポット105aを一定の範囲内で繰り返し直線移動させる方法を採用することが好ましい。このとき、スポット105aの移動速度を一定とするために、ガルバノメータ104に対して以下の式21に示す周波数 $f_{g a l v o}$ の三角波電圧を印加して、反射鏡103を角速度一定で振動させる。角速度一定で振動される反射鏡103によって反射された光ビームは、 $f\theta$ レンズ121を介してアニール対象物105に照射されるため、アニール対象物105上のスポット105aの矢印X方向の移動速度は一定となる。なおかつ、可動ステージ102の矢印Y方向での移動速度が式22で示される $V_{s t a g e}$ であるとき、アニール対象物105に対する光ビームの照射回数を一定とすることが可能となる。

【0014】

$$f_{galvo} = (F_{rep} \cdot W_x) / (2D) \dots \text{式21}$$

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (nD) \dots \text{式22}$$

但し、 F_{rep} はレーザ光源のパルス発振の繰り返し周波数であり、 W_x はスポット 105a の矢印 X 方向に沿った長さであり、D はガルバノメータ 104 が理想的に振動したときにアニール対象物 105 上を移動するスポットの中心の振幅であり、n はアニール対象物 105 の正面全体に照射される光ビームの平均照射回数であり、自然数の偶数である。なお、n が奇数であるときには、均一照射にはならず照射領域全体の平均照射回数が n となる。

【0015】

なお、光ビームの照射回数が 4 の倍数である場合は、ガルバノメータ 104 に対して以下の式 23 で示される周波数 f_{galvo} の三角波電圧を印加し、同時に可動ステージ 102 の矢印 Y 方向での移動速度を以下の式 24 に示す V_{stage} としても、アニール対象物 105 に対する光ビームの照射回数を一定とすることが可能となる。

【0016】

$$f_{galvo} = (F_{rep} \cdot W_x) / 4D \dots \text{式23}$$

$$V_{stage} = (2 \cdot F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / mD \dots \text{式24}$$

但し、m はアニール対象物 105 の正面全体に照射される光ビームの平均照射回数であり、自然数の 4 の倍数である。

【0017】

しかしながら、ガルバノメータ 104 に対して式 22 及び式 23 に示す三角波電圧を印加しても、イナーシャ等が原因で、ガルバノメータ 104 の動きは、移動方向の変化点近傍で鈍ってしまい、スポットの振幅は D よりも小さくなる。したがって、スポット 105a の移動方向の変化点近傍では、1 つのスポット 105a と当該スポット 105a に隣接するスポット 105a との重畠面積が大きくなり、アニール対象物 105 に対する光ビームの照射回数が多くなる。

【0018】

スポット 105a の移動方向の変化点近傍で光ビームの照射回数が増加するこ

とを防ぐ方法としては、反射鏡103の振動の速度に応じてレーザ光源101から発振されるパルスの繰り返し周波数を変化させると同時に可動ステージ102の移動速度を変化させる方法が挙げられる。しかし、固体レーザは、パルスの繰り返し周波数が変化すると、内部に備えられた光学素子に温度変化が生じてしまうため、出射される光ビームの強度分布や広がり角などが変化してしまい、所望の照射を行うことが困難となる。また、ガルバノメータ104の振動の速度に応じてレーザ光源101から発振される光ビームのパルスの繰り返し周波数や可動ステージ102の移動速度を変化させるためには、複雑且つ高速な制御を行う必要が生じ、例えばレーザアニール装置100の設計が困難となるなどの問題点が生じる虞がある。

【0019】

また、レーザアニール装置100には、 $f\theta$ レンズ121が使用されているために、ガルバノメータ104が振幅することによって照射される範囲は $f\theta$ レンズ121の径によって制限される。すなわち、可動ステージ102が定速移動する間にガルバノメータ104の振動によって光ビームを照射できる領域は、矢印Y方向に長い形状となり、矢印X方向の幅Wは $f\theta$ レンズ121によって制限された幅となる。径の大きい高精度の $f\theta$ レンズの設計及び作製は困難である。したがって、レーザアニール装置100では、矢印X方向の幅Wが $f\theta$ レンズ121によって制限されるよりも長い範囲に対して光ビームを照射する必要があるときには、上述した照射と、上述した照射が終了した後に可動ステージ102を矢印X方向にWだけ移動させることとを交互に行う。

【0020】

しかしながら、可動ステージ102の矢印X方向への移動精度に限界があるために、可動ステージ102が矢印X方向に正確にWだけ移動できない場合がある。可動ステージ102が矢印X方向にWより長い距離移動したときには、アニール対象物105上に光ビームの照射がなされない領域が生じ、可動ステージ102が矢印X方向にW未満の距離移動したときには、アニール対象物102上に光ビームの照射回数が2倍となる領域が生じる。すなわち、可動ステージ102が矢印X方向に正確にWだけ移動できないときには、アニール対象物105を均一

にアニールすることが困難となる。

【0021】

さらに、式22及び式24から算出されたV_{stage}で可動ステージ102を移動させると、可動ステージ102の移動速度に約±5%のむらが生じてしまう。可動ステージ102の移動速度にむらが生じると、1つのスポット105aと隣接するスポット105aとの重畳面積が変動してしまい、アニール対象物105に対するレーザ光の照射回数がばらついてしまう。

【0022】

本発明は、以上説明した従来の実情を鑑みて提案されたものであり、レーザ光源として、1パルス当たりのエネルギー量が小さく、パルス発振の繰り返し周波数が高い固体レーザを採用したときにも、被照射物の全面に対して、充分なエネルギーのレーザ光を均一に且つ効率良く照射することが可能である照射装置を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る照射装置は、光ビームを射出するレーザ光源と、平板状の被照射物を支持するステージと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射手段と、上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御手段と、上記射出制御手段により制御された上記光ビームを上記被照射物の主面に対して上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被照射物の主面に沿って直交する第2の方向へ、上記ステージを上記照射手段に対して相対移動させる第1の制御手段と、上記第1の制御手段による制御の後に上記ステージを上記照射手段に対して上記第1の方向に相対移動させる制御を行う第2の制御手段とを備え、上記第2の制御手段により制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第1の制御手段により制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全

ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第1の制御手段による照射がなされていることを特徴とする。

【0024】

また、本発明に係る照射装置は、光ビームを射出するレーザ光源と、平板状の被照射物を支持し、上記被照射物の主面に平行な方向に当該被照射物を移動させる可動ステージと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射手段と、上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御手段とを備えることを特徴とする。

【0025】

さらに、本発明に係る照射装置は、光ビームを射出するレーザ光源と、平板状の被照射物を支持する可動ステージと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射手段と、上記射出制御手段により制御された上記光ビームを上記被照射物の主面に対して上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被照射物の主面に沿って直交する第2の方向へ、上記ステージを上記照射手段に対して相対移動させる第1の制御手段と、上記第1の制御手段による制御の後に上記ステージを上記照射手段に対して上記第1の方向に相対移動させる制御を行う第2の制御手段とを備え、上記第2の制御手段により制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第1の制御手段により制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第1の制御手段による制御がなされていることを特徴とする。

【0026】

本発明に係る照射方法は、レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、

偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向ステップを有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射ステップと、上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御ステップと、上記射出制御ステップにおいて射出が制御された上記光ビームを、上記被照射物の主面に対して上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被照射物の主面に沿って直交する第2の方向へ、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第1の制御ステップと、上記第1の制御ステップにおける制御の後に、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第2の制御ステップとを備え、上記第2の制御ステップにおいて制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第1の制御ステップにおいて制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第1の制御ステップによる照射がなされていることを特徴とする。

【0027】

また、本発明に係る照射方法は、レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、平板状の被照射物を、当該被照射物の主面に平行な方向に移動させる移動ステップと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査せながら上記主面に対し照射する照射ステップと、上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御ステップとを備えることを特徴とする。

【0028】

さらに、本発明に係る照射方法は、レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向ステップを有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、

上記光ビームを上記被照射物の正面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記正面に対し照射する照射ステップと、上記射出制御ステップにおいて射出が制御された上記光ビームを、上記被照射物の正面に対して上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被照射物の正面に沿って直交する第2の方向へ、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記正面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第1の制御ステップと、上記第1の制御ステップにおける制御の後に、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記正面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第2の制御ステップとを備え、上記第2の制御ステップにおいて制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第1の制御ステップにおいて制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第1の制御ステップによる照射がなされていることを特徴とする。

【0029】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0030】

図1に示すように、本発明を適用したレーザアニール装置1は、アニール対象物2を支持するとともにアニール対象物2の正面に平行な方向に移動可能とされている可動ステージ3と、光ビームをパルス発振する固体レーザ4と、固体レーザ4から射出された光ビームの光軸に垂直な断面の形状を成形するとともに光ビームのエネルギー密度を均一にする光成形光学系5と、光成形光学系5から射出される光ビームを偏向する反射鏡6と、反射鏡6を一定の速度で振動するガルバノメータ7と、反射鏡6によって偏向された光ビームを上記アニール対象物2に対して照射するfθレンズ8と、反射鏡6によって偏向された光ビームの偏向角に応じて上記固体レーザ4からの光ビームのパルス発振を制御する制御部9とを備える。

【0031】

可動ステージ3は、例えばガラス基板上に形成されたa-Si薄膜など平板状

のアニール対象物2を支持する。また、可動ステージ3は、アニール対象物2の主面に平行であり且つ互いに直交する二方向に移動する。具体的に説明すると、可動ステージ3は、図中矢印Aで示すような、アニール対象物2の主面に平行であり且つ互いに直交する二方向のうちの一方向（以下、所定距離移動方向という。）に、所定の距離ずつ移動する。また、可動ステージ3は、図中矢印Bで示すような、アニール対象物2の主面に平行であり且つ互いに直交する二方向のうち所定距離移動方向に直交している方向（以下、定速移動方向という。）に、定速移動する。本実施の形態では、可動ステージ3は、所定距離移動方向へ移動するためのねじ送り式パルスモータと、定速移動方向へ移動するためのエアスライド式リニアモータとを備えている。

【0032】

固体レーザ4は、レーザ光を射出する。固体レーザ4は、半導体を除く結晶やガラスなどの透明物質を母体材料とし、母体材料中に希土類イオンや遷移金属イオンなどをドープした固体レーザ材料を光によって励起して、レーザビームを射出する。固体レーザの具体例としては、Nd:YAG（イットリウムアルミニウムガーネット）レーザ、Nd:YVO₄レーザ、Nd:YLF（イットリウムリチウムフルオライド）レーザ、Ti:Sapphireレーザ、及びこれらの高調波レーザなどが挙げられる。

【0033】

また、固体レーザ4は、光ビームの射出をオン及びオフすることができる。本実施の形態では、固体レーザ4はQスイッチを備えており、Qスイッチがオンとなつたときには光ビームをパルス発振し、Qスイッチがオフとなつたときには光ビームをCW（Continuous Wave）発振する。CW発振のときに固体レーザ4から射出される光ビームはエネルギーが弱いので、当該光ビームをアニール対象物2に対して照射しても、アニール対象物2はアニールされない。すなわち、アニール対象物2は、固体レーザ4のQスイッチをオンとしたときにはアニールされ、オフとしたときにはアニールされない。

【0034】

光成形光学系5は、ホモジナイザなどを備えており、光ビームのエネルギー密

度を平均化するとともに光ビームの光軸に垂直な断面を成形する。光成形光学系5は、光ビームの光軸に垂直な断面を、アスペクト比が低い形状に成形する。本実施の形態では、光成形光学系5は、光ビームの光軸に垂直な断面を、 $W_x = 1.5$ [mm]、 $W_y = 1$ [mm] の長方形となるように成形している。

【0035】

反射鏡6は、光成形光学系5から射出された光ビームを反射することにより、光ビームの進行方向を変化させる。反射された光ビームは、 $f\theta$ レンズ8を介してアニール対象物2の主面に入射する。また、反射鏡6は、ガルバノメータ7によって一定の回転角の範囲内を一定の角速度で往復移動させられる（以下、振動という。）。反射鏡6から出射する光ビームは、反射鏡6の姿勢に応じて偏向する。反射鏡6は、ガルバノメータ7によって振動させられていないときには、光成形光学系5から射出された光ビームの進行方向を90°変化させ、アニール対象物2に対して、アニール対象物2の主面に垂直な方向から光ビームを照射する。

【0036】

なお、以下では、ガルバノメータ7によって振動させられていないときの反射鏡6の位置を基準位置と称し、基準位置にある反射鏡6によって反射された光ビームの進行方向を基準方向 ϕ_0 と称する。また、反射鏡6によって反射された光ビームの進行方向の基準方向 ϕ_0 に対する角度 ϕ を偏向角と称する。なお、偏向角は、反射鏡6の回転角の2倍となる。また、反射鏡6が基準位置から左回転した方向に位置しているときには、基準位置からの反射鏡6の回転角と当該反射鏡6によって反射された光ビームの偏向角を正の値と定義し、反射鏡6が基準位置から右回りの方向に位置しているときには、基準位置からの反射鏡6の回転角と当該反射鏡6によって反射された光ビームの偏向角を負の値と定義する。

【0037】

ガルバノメータ7は回転軸7aを備えており、回転軸7aに反射鏡6が取り付けられている。ガルバノメータ7は、図1中矢印Hで示すように、反射鏡6を、一定の回転角の範囲内を一定の角速度で往復移動させる（以下、振動という。）。ガルバノメータ7が反射鏡6を振動させることで、固体レーザ4から射出され

た光ビームは、矢印A方向に沿って偏向する。反射鏡6が振動することにより、固体レーザ4から射出された光ビームは、偏向角が所定の範囲内で周期的に変化し、スポット2aの中心は、図2に示すように、アニール対象物2上を所定の移動方向に所定の範囲D_{real}で往復移動する。D_{real}は、反射鏡6の回転角が変動する範囲によって決定される。本実施の形態では、反射鏡6は、回転角が- α （但し、 $0 < \alpha$ ）の位置から+ α の位置までの範囲を往復移動する。すなわち、スポット2aが往復移動する範囲D_{real}は、反射鏡6が回転角が- α （偏向角- 2α ）の位置から+ α （偏向角+ 2α ）の位置までの範囲を往復移動するときの、アニール対象物2上におけるスポット2aの中心の軌跡の振幅を示す。

【0038】

また、ガルバノメータ7が反射鏡6を一定の速度で振動するとともに、反射鏡6によって反射された光ビームがfθレンズ8を介してアニール対象物2へ照射されることにより、アニール対象物2上のスポット2aの移動速度は一定になる。アニール対象物2上のスポット2aの移動速度が一定になることにより、図3に示すように、1つのスポット2aと当該スポット2aに隣接するスポット2aとが重畳する面積が一定となる。すなわち、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数のばらつきを抑えることが可能となる。

【0039】

ガルバノメータ7が反射鏡6を一定の速度で振動させる具体的な方法としては、ガルバノメータ7に対して三角波電圧を印加する方法が挙げられる。また、ガルバノメータ7に以下の式31に示す周波数の三角波電圧を印加し、且つ可動ステージ3を式32に示す速度で定速移動方向に移動させながらアニール対象物2に対して光ビームを照射することにより、レーザアニール装置1は、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数のばらつきをさらに抑えることが可能となり、アニール対象物2を均一に照射することが可能となる。

【0040】

$$f_{galvo} = (F_{rep} \cdot W_x) / (2D) \quad \dots \text{式31}$$

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (i \cdot D) \quad \dots \text{式32}$$

但し、 F_{rep} は固体レーザ4のパルス発振の繰り返し周波数であり、 W_x はアニール対象物2上に形成されるスポット2aの所定距離移動方向の長さであり、 W_y はアニール対象物2上に形成されるスポット2aの定速移動方向の長さであり、 i はカラム内におけるアニール対象物2に対する光ビームの平均照射回数であり自然数の偶数とされ、 D は、ガルバノメータ7が理想的に振動したときに被照射物上に形成される光ビームの中心の軌跡の振幅である。なお、カラムについては詳細を後述する。

【0041】

ガルバノメータ7に印加する三角波電圧の周波数 f_{galvo} を式31に示す周波数とすることにより、図4に示すように、スポット2aと当該スポット2aに隣接するスポット2aとは重畳しなくなる。また、ガルバノメータ7に印加する三角波電圧の周波数 f_{galvo} を式33に示す周波数とすることにより、図5に示すように、スポット2aと当該スポット2aに隣接するスポット2aとが重畳した部分の所定距離移動方向の長さは、 $W_x/2$ となる。

【0042】

なお、ガルバノメータ7に以下の式33に示す周波数の三角波電圧を印加し、且つ可動ステージ3を式34に示す速度で定速移動方向に移動させながらアニール対象物2に対して光ビームを照射することによっても、レーザアニール装置1は、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数のばらつきをさらに抑えることが可能となり、アニール対象物2を均一に照射することが可能となる。

【0043】

$$f_{galvo} = (F_{rep} \cdot W_x) / (4D) \quad \dots \text{式33}$$

$$V_{stage} = (2 \cdot F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (i \cdot D) \quad \dots \text{式34}$$

f_θ レンズ8は、反射鏡6と可動ステージ3との間の光路上に設けられている。ガルバノメータ7によって反射鏡6を一定の角速度で振動させながら光ビームをアニール対象物2上に照射すると、反射鏡6の回転角の変化と、アニール対象物2上のスポット2aの移動距離とが比例しないため、スポット2aを一定の速度で移動させることが困難となる。反射鏡6によって反射された光ビームが f_θ レンズ8を介してアニール対象物2に対して照射されることにより、反射鏡6の

回転角の変化と、アニール対象物2上のスポット2aの移動距離とが比例するため、ガルバノメータ7が反射鏡6を一定の角速度で振動させることにより、スポット2aを一定の速度で移動させることが可能となる。

【0044】

制御部9は、反射鏡6の回転角を検出し、検出した回転角に応じて固体レーザ4のQスイッチをオン又はオフとする。反射鏡6の回転角は、反射鏡6によって反射された光ビームの偏向角の1/2である。したがって、反射鏡6の回転角を検出することで、反射鏡6によって反射された光ビームの偏向角を検出できる。すなわち、制御部9は、反射鏡6によって反射された光ビームの偏向角に応じて固体レーザ4のQスイッチをオン又はオフとしている。また、制御部9は、ステージ3に備えられたねじ送り式パルスモータとエアスライド式リニアモータとを制御することにより、ステージ3の定速移動方向への移動と所定距離移動方向への移動とを制御している。

【0045】

以下では、制御部9が固体レーザ4のQスイッチをオン又はオフとするときの反射鏡6の具体的な回転角について説明する。

【0046】

レーザアニール装置1では、アニール対象物2上におけるスポット2aの移動速度を一定とするために、可動ステージ3を定速移動方向へ定速移動させながら、ガルバノメータ7に三角波電圧を印加して反射鏡6を一定の速度で振動させる。

【0047】

ところが実際には、反射鏡6の回転が右回りから左回りに変化するとき、及び左回りから右回りに変化するときには、イナーシャなどが原因で、図6に示すように、反射鏡6の回転は、回転方向の変化点近傍で鈍くなる。なお、図6中実線はガルバノメータ7に印加される三角波電圧の変化を示しており、図6中破線は反射鏡6の回転角を示す。また、図6の横軸は時間を示しており、縦軸は三角波電圧の値又は回転角7aの回転角を示している。

【0048】

反射鏡6の回転が回転方向の変化点近傍で鈍くなると、アニール対象物2におけるスポット2aの移動方向の変化点P近傍では、図7に示すように、1つのスポット2aと当該スポット2aに対して所定距離移動方向に隣接するスポット2aとが重畳する部分の面積が大きくなってしまう。したがって、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数にはらつきが生じてしまう。また、アニール対象物2上に形成されるスポット2aの中心の軌跡の振幅は、DとはならずD_{re}a₁となる。以上説明した理由により、制御部9がスポット2aの移動方向の変化点近傍で固体レーザ4のパルス発振をオフとすることによって、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数のばらつきを低減することが可能となる。

【0049】

すなわち、図6及び図8に示すように、反射鏡6の回転が鈍くなり始める角度 β （但し、 $0 < \beta < \alpha$ ）を求め、制御部9が、 $+\beta$ から $-\beta$ まで反射鏡6が回転している間に固体レーザ4のQスイッチをオンとすることにより、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数のばらつきを低減することが可能となる。

【0050】

制御部9によって、固体レーザ4のパルス発振を制御する方法は、以下に説明する通りとなる。

【0051】

制御部9は、反射鏡6の回転が右回りから左回りに変化した後に反射鏡6の回転角が $+\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のQスイッチをオンとし、続いて反射鏡6の回転角が $-\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のQスイッチをオフとする。また、制御部9は、反射鏡6の回転が左回りから右回りに変化した後に反射鏡6の回転角が $-\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のQスイッチをオンとし、続いて反射鏡6の回転角が $+\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のQスイッチをオフとする。したがって、反射鏡の回転角が $+\beta$ から $-\beta$ であるとき、すなわち、光ビームの偏向角が $+2\beta$ から -2β であるときに、アニール対象物2に対して光ビームが照射される。

【0052】

制御部9が以上説明したようにレーザ光源4からのパルス発振を制御すること

により、図9に示すように、アニール対象物2上の所定の範囲D_{rea1}内をスポットが往復移動するときには、移動方向の変化点P近傍に、スポット2aは生じなくなる。すなわち、1つのスポット2aと当該スポット2aに対して所定距離移動方向に隣接するスポット2aとが重畠する部分の面積が大きくなる領域は形成されなくなる。

【0053】

以上説明したレーザアニール装置1の動作について説明する。なお、以下の説明では、レーザアニール装置1は、アニール対象物2の主面全体に対して光ビームをn回（但し、n>0。）照射することによって、アニール対象物2をアニールしている。

【0054】

可動ステージ3上にアニール対象物2が載置されると、ガルバノメータ7が式31に示す周波数又は式33に示す周波数で反射鏡6の振動を開始することにより、固体レーザ4から射出された光ビームを所定距離移動方向に直線移動させ、スポット2aを、所定の範囲D_{rea1}で繰り返し移動させる。また、可動ステージ3が、式32又は式34に示す速度で定速移動方向に定速移動することにより、スポット2aを、定速移動方向の一方の端部から他方の端部まで定速移動させる。

【0055】

また、制御部9は反射鏡6の回転角を検出し、検出した回転角に応じてレーザ光源4のQスイッチのオン及びオフを制御する。具体的に説明すると、制御部9は、反射鏡6の回転角が-β以上+β以下のときにはレーザ光源4のQスイッチをオンとし、-β未満又は+βより大のときにはQスイッチをオフとする。

【0056】

以上説明した動作を行うことにより、アニール対象物2上のスポット2aの軌跡は、図10に示すように、三角波の尖端部が消失した形状となる。また、所定距離移動方向の長さがEであり、定速移動方向の長さがアニール対象物2の定速移動方向の長さとほぼ同じである照射領域（以下、カラムという。）10が形成される。なお、Eは、可動ステージ3が移動しない状態で反射鏡6が+βから-

β まで回転したときの、スポット2aの移動距離である。

【0057】

そして、可動ステージ3は、定速移動方向への移動が終了すると、所定距離移動方向に iE/n 移動する。

【0058】

レーザアニール装置1では、カラム10の作製と、可動ステージ3が所定距離移動方向へ iE/n 移動することとを交互に行うことにより、スポット2aを、例えば図11に示すように、アニール対象物2の全面に亘って移動させ、アニール対象物2の全体をアニールすることができる。なお、図11では、 $i = n$ の場合を例に挙げて、アニール対象物2上のスポット2aの動き示している。

【0059】

また、レーザアニール装置1は、カラム10を作製するときのアニール対象物2に対する光ビームの照射回数 i を一定としたときにも、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離を制御することによって、アニール対象物2の全面全体に対する光ビームの照射回数 n を制御することができる。

【0060】

例えば、 $i = 2$ のときを例に挙げると、 $n = 4$ とするためには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離を $E/2$ として、図12に示すように、 $i = 2$ であるカラム10の作製と所定距離移動方向へ可動ステージ3が $E/2$ 移動することとを交互に行う。また、 $n = 10$ とするためには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離を $E/5$ として、図13に示すように $i = 2$ であるカラム10の作製と所定距離移動方向へ可動ステージ3が $E/5$ 移動することとを交互に行う。なお、図12、図13は、アニール対象物2における所定距離移動方向の位置と光ビームの照射回数との関係を模式的に示したものであり、図中矢印z方向のマス目の数が光ビームの照射回数を示している。

【0061】

以上説明したように、本発明を適用したレーザアニール装置1は、エネルギーが弱いために光ビームの光軸に垂直な断面のアスペクト比を小さくする必要がある固体レーザ4をレーザ光源として使用したときにも、アニール対象物2に対す

る光ビームの照射回数のばらつきを低減することが可能となり、アニール対象物2を充分であり且つ均一なエネルギーでアニールすることができる。

【0062】

また、レーザアニール装置1では、iを固定としたときにも、可動ステージ3が所定距離移動方向へ動く距離を変化させることにより、アニール対象物2全面に対する光ビームの照射回数nを変化させることができる。したがって、レーザアニール装置1では、nの値に拘わらず式32又は式34に示すV_{stage}を決定するパラメータのうちの1つであるiを固定することができるため、F_{rep}、W_x、W_yをレーザアニール装置1特有の値とすればV_{stage}が一つの値に決定する。すなわち、レーザアニール装置1は、可動ステージ3の定速移動方向への移動速度の精度と安定性とを、決定したV_{stage}に対して高めるのみでよくなり、他のV_{stage}に対して高める必要がなくなるために、V_{stage}の誤差を低減させることができるとなる。したがって、レーザアニール装置1によれば、可動ステージ3の定速移動方向への移動をむらの小さな一定速度で行うことが可能となり、アニール対象物2をさらに均一にアニールすることができる。

【0063】

以上説明したように、レーザアニール装置1では、射出する光ビームのエネルギーが安定である固体レーザ4をレーザ光源として使用し、固体レーザ4から射出される光ビームを当該光ビームの光軸に垂直な断面の面積が小さくなるように成形して、アニール対象物2に対して照射したときにも、アニール対象物2を均一に照射することが可能となる。したがって、レーザアニール装置1によってアモルファスシリコンをアニールすると、粒径が大きく且つ均一であり、電子やホールの移動度が高いポリシリコンを作製することができる。また、当該ポリシリコンを使用して生成した薄膜トランジスタは、特性が安定したものとなる。

【0064】

また、レーザアニール装置1は、レーザ光源として固体レーザ4を採用しているため、例えばガスの入れ換えなどのために動作を停止させる必要性がなくなる。したがって、レーザアニール装置1は、アニール対象物2をアニールする効率

が良好なものとなる。

【0065】

なお、アニール対象物2の周囲には、照射回数がn回未満となりアニールが充分に行われない領域が生じる。しかし、通常、アニール対象物2の周囲の数cmは使用しない。したがって、レーザアニール装置1が、充分にアニールされない領域が周囲の数cm内に形成されるようにアニール対象物2をアニールすることで、レーザアニール装置1によってアニールされた後のアニール対象物2は、充分に使用することが可能となる。

【0066】

ところで、レーザアニール装置1では、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離に誤差が生じたときには、1つのカラム10と当該カラム10に隣接しているカラム10とが重畳している部分（以下、重畳部分という。）の面積が、所望とする面積と比較して変化する。

【0067】

重畳部分の面積が所望とする面積と比較して変化すると、アニール対象物2上には、重畳するカラム10の数がn/i+1個となる領域や、重畳するカラム10の数がn/i-1個となる領域などが生じる。重畳するカラム10の数がn/i+1個の領域では照射回数がn+i回となり、重畳するカラム10の数がn/i-1個の領域では照射回数がn-i回となる。したがって、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動が精度良く行われないときには、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数に、±i回の誤差が生じてしまう。

【0068】

例えば、i=2、n=4としたときには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動はE/2となる。可動ステージ3の所定距離移動方向への移動がE/2未満となると、アニール対象物2上には、図14(A)中に斜線で示すように、照射回数が2回となる領域が生じてしまう。一方、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動がE/2より大となると、アニール対象物2上には、図14(B)中に斜線で示すように、照射回数が6回となる領域が生じてしまう。したがって、アニール対象物2上における光ビームの照射回数には、±2回の誤差が生じ

てしまう。なお、図14は、アニール対象物2における所定距離移動方向の位置と光ビームの照射回数との関係を模式的に示したものであり、図中矢印z方向のマス目の数が光ビームの照射回数を示している。

【0069】

可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離に誤差が生じたときにも、アニール対象物2上の照射回数の差を±i回よりも低減させる方法としては、以下に説明するように、制御部9が固体レーザ4のQスイッチをオンとする位置と、オフとする位置とを異なる位置にする方法が挙げられる。

【0070】

先ず、図15（A）に示すように、 γ （但し、 $\gamma < \beta$ ）を決定する。

【0071】

そして、制御部9は、回転軸7aの回転が右回りから左回りに変化した後に回転軸7aの回転角が+ γ となった旨を検出したときには固体レーザ4のQスイッチをオンとし、続いて回転軸7aの回転角が- β となった旨を検出したときには固体レーザ4のQスイッチをオフとする。また、制御部9は、回転軸7aの回転が左回りから右回りに変化した後に回転軸7aの回転角が- γ となった旨を検出したときには固体レーザ4のQスイッチをオンとし、続いて回転軸7aの回転角が+ β となった旨を検出したときには固体レーザ4のQスイッチをオフとする。

【0072】

以上説明したように制御部9が固体レーザのQスイッチを制御することにより、図15（B），（C）に示すように、光ビームがi回照射された領域（以下、i回領域という。）31の所定距離移動方向の両端に、光ビームがi/2回照射された領域（以下、i/2回領域という。）32a，32bが形成される。

【0073】

i回領域31は回転軸7aの回転角が-2 γ から+2 γ であるときに光ビームが照射された領域である。

【0074】

また、i/2回領域32a，32bの一方は回転軸7aの回転角が+2 γ から+2 β であるときに光ビームが照射された領域であり、他方は回転軸7aの回転

角が -2β から -2γ であるときに光ビームが照射された領域である。

【0075】

そして、 i 回領域3 1と一方の $i/2$ 回領域3 2 aとを合わせた範囲をカラム3 3と設定し、カラム3 3の所定距離移動方向の長さ L_1 に基づいて、可動ステージ3を所定距離移動方向に移動させる。すなわち、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動は、 iL_1/n となる。

【0076】

以上説明したように制御部9が固体レーザ4のQスイッチのオン・オフを制御するときには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離が iL_1/n より長くなることにより、重畳するカラム3 3の数が $n/i+1$ 個とされた領域では照射回数が $n+i/2$ 回となる。さらに、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離が iL_1/n 未満となることによって、重畳するカラム3 3の数が $i-1$ 個とされた領域では、照射回数が $n-i/2$ 回となる。したがって、アニール対象物2全体に対する光ビームの照射回数nに対する誤差を、 $\pm i/2$ 回に低減することが容易となる。

【0077】

例えば、ガルバノメータ7に印加する三角波電圧が式3 3で示される周波数であり且つ $i=2$ であるときには、図16に示すように、照射回数が2回の領域3 5の所定距離移動方向の両端に、照射回数が1回の領域3 6 a, 3 6 bが形成される。そして、照射回数が2回の領域3 5と照射回数が1回の領域3 6 aとをカラム4 0とする。

【0078】

以上説明した条件で、例えば $n=4$ としたときには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離は、 $L_1/2$ となる。可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離が $L_1/2$ 未満となると、図17 (A) 中に斜線で示すように、アニール対象物2上に照射回数が3回となる領域が生じる。一方、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離が $L_1/2$ より大となると、図17 (B) 中に斜線で示すように、アニール対象物2上に照射回数が5回となる領域が生じる。したがって、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数の誤差は ± 1 回と

なる。なお、図17は、アニール対象物2における所定距離移動方向の位置と光ビームの照射回数との関係を模式的に示した図であり、図中矢印z方向のマス目の数が光ビームの照射回数を示している。

【0079】

レーザアニール装置1は、以上説明したように制御部9がQスイッチのオン又はオフを制御するとともに*i* = 2とすることにより、アニール対象物2に対する照射回数の誤差を±1回とすることが可能となり、照射回数の誤差を低減することが可能となる。

【0080】

また、レーザアニール装置1は、*i* = 2としたときにも、所定距離移動方向への可動ステージ3の移動距離を制御することによって、アニール対象物2の正面全体に対する光ビームの照射回数を変化させることが可能となる。*i* = 2としたときには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離は、 $2L_1/n$ となる。すなわち、*n* = 20のときには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離を $L_1/10$ とすることにより、アニール対象物2の正面全体に対する光ビームの照射回数を、20回とすることが可能となる。

【0081】

したがって、レーザアニール装置1では、*i*を最小値の2としてアニール対象物2をアニールすることが好ましい。レーザアニール装置1は、以上説明したように制御部9がQスイッチのオン又はオフを制御するとともに*i* = 2とすることにより、可動ステージ3の所定距離移動方向の移動距離に誤差が生じたときにも、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数の誤差を±1に抑えることが可能となる。

【0082】

なお、 γ は、例えば、*i*回領域31の所定距離移動方向の長さと、*i*/2回領域32a, 32bの所定距離移動方向の長さとの比から決定される。例えば、*i*回領域31の所定距離移動方向の長さと一方の*i*/2回領域32aの長さとの比がRであるときには、 $2\beta/\gamma = R$ を解くことによって γ を決定する。

【0083】

なお、制御部9によるQスイッチのオン及びオフの制御は、以上説明した方法に限定されない。例えば、制御部9は、回転軸7aの回転が右回りから左回りに変化した後に回転軸7aの回転角が $+\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のQスイッチをオンとし、続いて回転軸7aの回転角が $-\gamma$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のQスイッチをオフとするとともに、回転軸7aの回転が左回りから右回りに変化した後に回転軸7aの回転角が $-\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のQスイッチをオンとし、続いて回転軸7aの回転角が $+\gamma$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のQスイッチをオフとしても良い。

【0084】

ところで、以上説明した方法によってアニール対象物2上の照射回数の差を低減させる方法は、iが偶数のときに有効となる。以下では、レーザアニール装置1によって、nを奇数としたときにもアニール対象物2上の照射回数の差を低減させることができるとなるように、i=3であり且つ照射回数の誤差を低減することが可能であるカラムを作製する方法について説明する。

【0085】

先ず、ガルバノメータ7に印加する三角波電圧の周波数 f_{galvo} を以下の式35で示すような、式31で示された周波数を2/3倍した周波数とする。

【0086】

$$f_{galvo} = (F_{rep} \cdot W_x) / (3D) \quad \dots \text{式35}$$

ガルバノメータ7に印加する三角波電圧の周波数 f_{galvo} を式35に示す周波数とすることにより、スポット2aと当該スポット2aと隣接するスポット2aとが重畳した部分の所定距離移動方向の長さは、図18に示すように、 $W_x / 3$ となる。

【0087】

また、反射鏡6の回転角が $+\gamma$ から $+\beta$ の間に照射される領域における所定距離移動方向の長さ、及び反射鏡6の回転角が $-\beta$ から $-\gamma$ の間に照射される領域における所定距離移動方向の長さが $1 / 3 W_x$ となるように、 γ を決定する。

【0088】

さらに、可動ステージ3の定速移動方向への移動速度 V_{stage} を、以下の式36に示す速度とする。

【0089】

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (3D) \quad \dots \text{式36}$$

なお、式35に示すように、ガルバノメータ7に印加する三角波電圧の周波数は、式31で示された周波数 f_{galvo} を2/3倍することによる補正がなされている。したがって、可動ステージ3の定速移動方向への移動速度 V_{stage} についても、式33に $i=3$ を代入したものではなくなり、補正されたものとなる。

【0090】

以上説明したように f_{galvo} 、 γ 、 V_{stage} を設定してレーザアニメーション装置1を動作させると、図19（A）に示すように、スポット2aと当該スポット2aに隣接するスポット2aとが重畳する部分の所定距離移動方向の長さが $W_x/3$ の状態で、スポット2aが所定距離移動方向の一端から他端まで移動することと、図19（B）に示すように、スポット2aと当該スポット2aに隣接するスポット2aとが重畳する部分の所定距離移動方向の長さが $W_x/3$ の状態で、所定距離移動方向の一端から他端までスポット2aが移動することが交互に行われる。

【0091】

そして、図19（C）に示すように、光ビームの照射回数が3回である領域（以下、3回領域という。）51の所定距離移動方向の一端に、光ビームの照射回数が2回である領域（以下、2回領域という。）52aと、光ビームの照射回数が1回である領域（以下、1回領域という。）53aとが順次形成されるとともに、3回領域51の所定距離移動方向の他端に、2回領域52bと、1回領域53bとが順次形成される。なお、2回領域52a、1回領域53a、2回領域52b、1回領域53bは、それぞれ同じ幅となる。

【0092】

次に、3回領域51、一方の2回領域52a、及び一方の1回領域53aをカラム60と考えて、カラム60の所定距離移動方向の長さ L_2 に基づいて、可動

ステージ3を所定距離移動方向に移動させる。すなわち、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動は、 $i L_2 / n$ となる。

【0093】

以上説明した $i = 3$ であるカラム60の形成と、 $i = 2$ であるカラム40の形成とを組み合わせることにより、照射回数nをどのような奇数に設定することも可能となる。但し、 $L_1 = L_2$ でなくてはならない。

【0094】

例えば、 $n = 5$ とするときには、図20に示すように、カラム60を作製した後に、可動ステージ3を所定距離移動方向に $3 L_2 / 4$ 移動させることと、カラム40を作製した後に可動ステージ3を所定距離移動方向に $L_1 / 4$ 移動させることとを交互に行う。

【0095】

また、 $n = 7$ とするときには、図21に示すように、第1のステップとしてカラム60を作製した後に可動ステージ3を所定距離移動方向に $3 L_2 / 8$ 移動させ、第2のステップとしてカラム40を作製した後に可動ステージ3を所定距離移動方向に $L_1 / 4$ 移動させ、第3のステップとしてカラム40を作製した後に可動ステージ3を所定距離移動方向に $3 L_1 / 8$ 移動させる。そして、第1のステップと、第2のステップと、第3のステップとを順次繰り返す。

【0096】

以上説明したように $i = 3$ のカラム60を作製することにより、nを奇数としたときにも、可動ステージ3が所定距離移動方向へ移動するときの移動距離が所望の距離よりも短く隣接するカラムと重畳する面積が増えるときには、照射回数の誤差が+1回となり、可動ステージ3が所定距離移動方向へ移動するときの移動距離が所望の距離よりも短く隣接するカラムと重畳する面積が減るときには、照射回数の誤差が-1回となる。

【0097】

例えば、図20に示す方法で $n = 5$ とするときには、カラム60を作製した後の可動ステージ3の所定距離移動方向への移動が $3 L_2 / 4$ 未満となると、図22(A)中に斜線で示すように、照射回数が4回となる領域が生じる。一方、可

動ステージ3の所定距離移動方向への移動が $3L_2/4$ より大となると、図22(B)中に示すように、照射回数が6回となる領域が生じる。したがって、誤差は±1回となる。

【0098】

すなわち、以上説明したように $i=3$ のカラム60を作製することにより、アニール対象物2上に照射される光ビームの照射回数nを奇数としたときにも、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数の誤差を、±1回に低減することが可能となる。

【0099】

なお、図20、図21、図22は、アニール対象物2における所定距離移動方向の位置と光ビームの照射回数との関係を模式的に示したものであり、図中矢印z方向のマス目の数が光ビームの照射回数を示している。

【0100】

【発明の効果】

本発明に係る照射装置及び照射方法は、エネルギーが弱いために光軸に垂直な断面のアスペクト比を低くした光ビームを、偏向しながら被照射物に対して照射したときにも、被照射物に対する光ビームの照射回数のばらつきを低減することができる。したがって、本発明に係る照射装置は、レーザ光源として、出射される光ビームのエネルギーが弱いものの安定である固体レーザを使用することが可能となり、被照射物を充分であり且つ均一なエネルギーで照射することができる。

【0101】

また、本発明に係る照射装置及び照射方法は、第1の制御により形成される照射領域内を光ビームが照射する回数を固定したときにも、第2の制御における可動ステージの移動距離を制御することによって、被照射物に対する光ビームの照射回数を制御することが可能となる。したがって、第1の制御において可動ステージの第1の方向の移動速度を決定するパラメータの1つを固定とすることができるため、可動ステージが第1の方向へ移動するときの移動速度の誤差を低減することが可能となる。すなわち、本発明に係る照射装置は、被照射物に対する光

ビームの照射回数のばらつきを低減することが可能となる。

【0102】

したがって、本発明に係る照射装置及び照射方法によってアモルファスシリコンをアニールすると、粒径が大きく且つ均一であり、電子やホールの移動度が高いポリシリコンを作製することが可能となる。また、当該ポリシリコンを使用して生成した薄膜トランジスタは、特性が安定したものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明を適用したレーザアニール装置を示す図である。

【図2】

アニール対象物上におけるスポットの動きを示す図である。

【図3】

反射鏡を一定の速度で揺動させたときに、隣接するスポット同士が所定の面積で重なっている状態を示す図である。

【図4】

1つのスポットと当該スポットに隣接するスポットとが重畠しない状態を示す図である。

【図5】

1つのスポットと当該スポットに隣接するスポットとが重畠した部分の所定距離移動方向の長さが、 $W_x/2$ となる状態を示す図である。

【図6】

ガルバノメータに対して印加する三角波電圧と、回転軸の回転角との関係を示す図である。

【図7】

制御部による制御を行わない状態で光ビームをアニール対象物に対して照射したときの、スポットの移動を示す図である。

【図8】

α と β との関係を示す図である。

【図9】

制御部によって制御した状態で光ビームをアニール対象物に対して照射したときの、スポットの移動を示す図である。

【図10】

カラムが形成されるときのスポットの動きを示す図である。

【図11】

アニール対象物全体をアニールするときのスポットの動きを示す図である。

【図12】

$i = 2$ 且つ $n = 4$ でアニール対象物に光ビームを照射する方法を示す模式図である。

【図13】

$i = 2$ 且つ $n = 10$ でアニール対象物に光ビームを照射する方法を示す模式図である。

【図14】

(A) は1つのカラムと当該カラムに隣接するカラムの重畠面積が所定の面積よりも大きいときにはアニール対象物に対する光ビームの照射回数が $n + i$ 回となることを説明するための図であり、(B) は1つのカラムと当該カラムに隣接するカラムの重畠面積が所定の面積よりも小さいときにはアニール対象物に対する光ビームの照射回数が $n - i$ 回となることを説明するための図である。

【図15】

(A) は α 、 β 、及び γ の関係を示す図であり、(B) (C) は、回転軸の回転角と被照射物上の照射回数との関係を示す図である。

【図16】

光ビームが2回照射された領域の両端に、光ビームが1回照射された領域が形成された状態を示す図である。

【図17】

(A) は $i = 2$ 且つ $n = 4$ でアニール対象物を照射するときに、隣接するカラムとの重畠面積が所定の面積よりも小さいとアニール対象物に対する光ビームの照射回数が3回となることを示す図であり、(B) は (A) と同じ条件でアニール対象物を照射するときに、隣接するカラムとの重畠面積が所定の面積よりも大

きいとアニール対象物に対する光ビームの照射回数が5回となることを示す図である。

【図18】

スポットと当該スポットに隣接するスポットとが重畠した部分の所定距離移動方向の長さが $W_x/3$ であることを示す模式図である。

【図19】

(A) は、スポットと当該スポットに隣接するスポットとが重畠した部分の所定距離移動方向の長さが $W_x/3$ の状態で、所定距離移動方向の一端から他端までスポットが移動した状態を示す図であり、(B) は、スポットと当該スポットに隣接するスポットとが重畠した部分の所定距離移動方向の長さ L が $W_x/3$ の状態で、所定距離移動方向の一端から他端までスポットが移動した状態を示す図であり、(C) は、3回領域の両端に、2回領域と1回領域とが順次作製された状態を示す図である。

【図20】

$n=5$ のときにアニール対象物に対して光ビームを照射する方法を示す模式図である。

【図21】

$n=7$ のときにアニール対象物に対して光ビームを照射する方法を示す模式図である。

【図22】

(A) は $n=5$ でアニール対象物を照射するときに、隣接するカラムとの重畠面積が所定の面積よりも小さいとアニール対象物に対する光ビームの照射回数が4回となることを示す図であり、(B) は (A) と同じ条件でアニール対象物を照射するときに、隣接するカラムとの重畠面積が所定の面積よりも大きいとアニール対象物に対する光ビームの照射回数が6回となることを示す図である。

【図23】

従来のレーザアニール装置を示す模式図である。

【符号の説明】

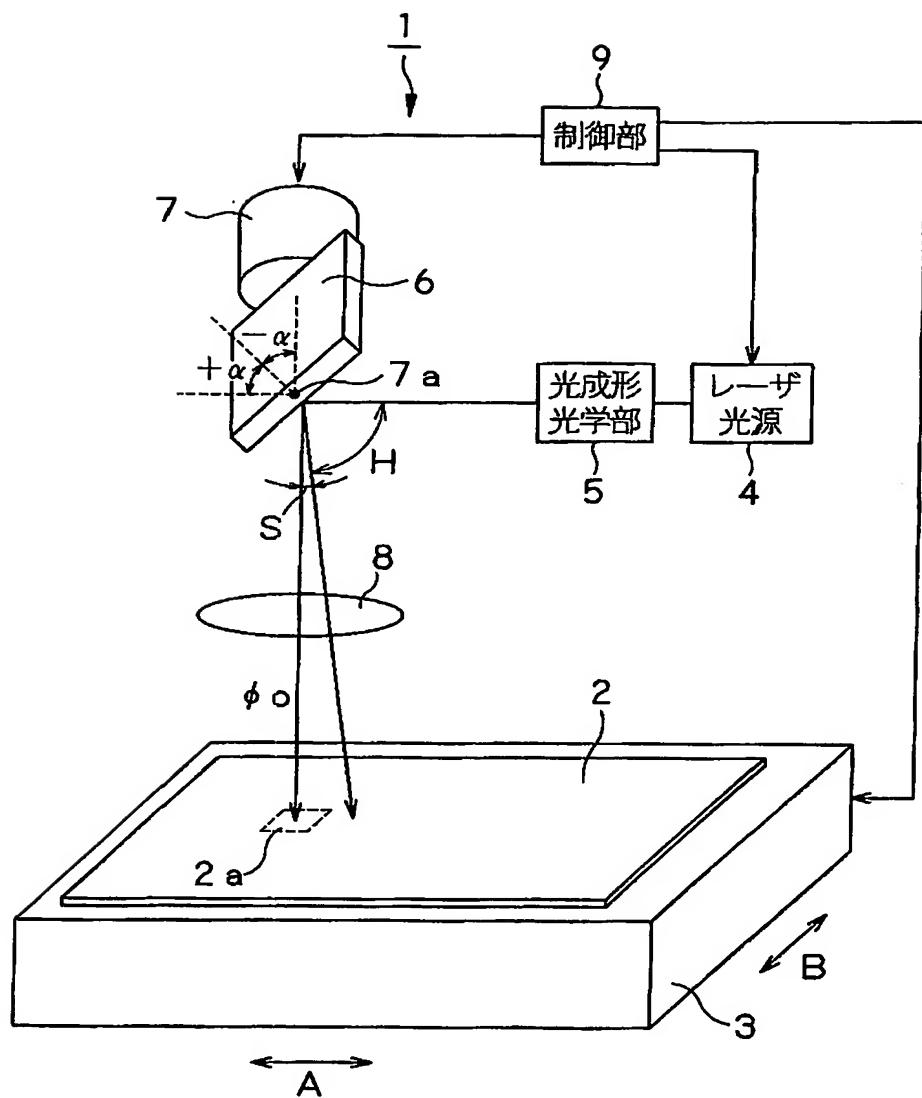
1 レーザアニール装置、2 アニール対象物、3 可動ステージ、4 固体

レーザ、5 光成形光学系、6 反射鏡、7 ガルバノメータ、7a 回転軸、
8 $f\theta$ レンズ、9 制御部

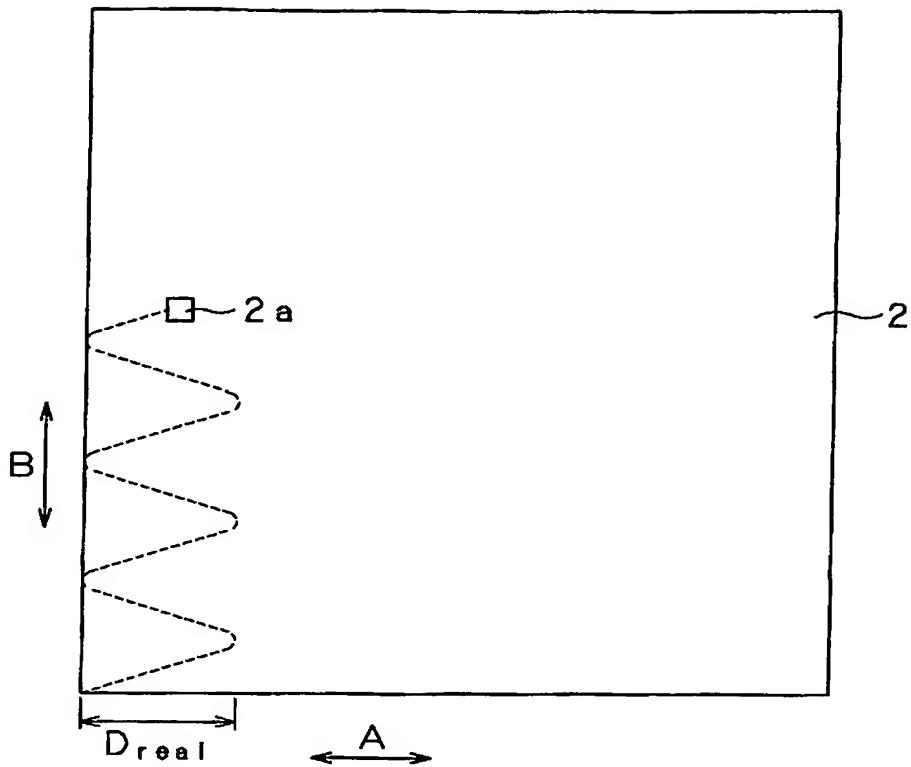
【書類名】

図面

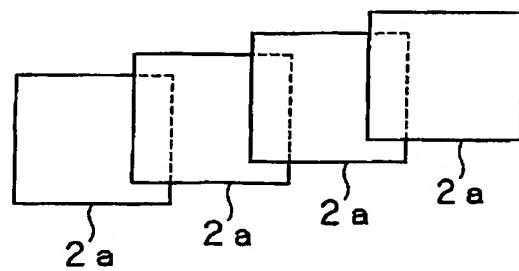
【図 1】



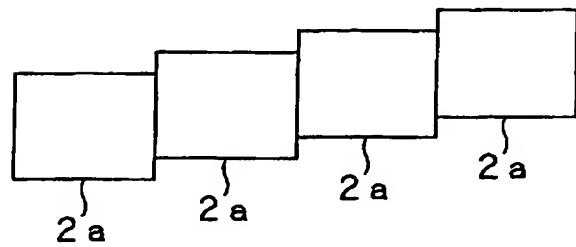
【図2】



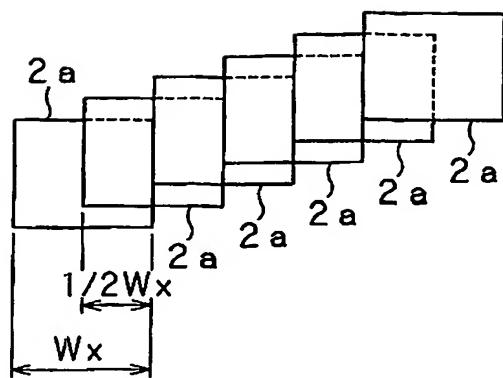
【図3】



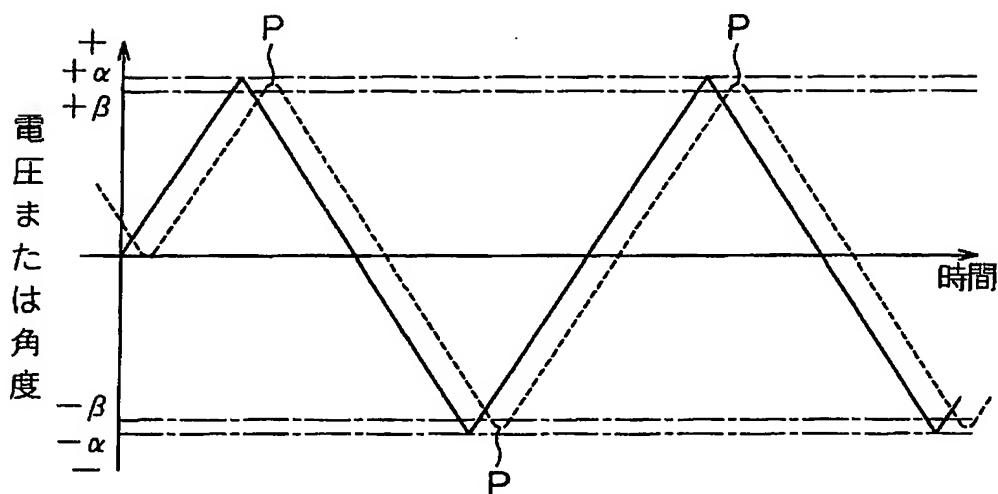
【図4】



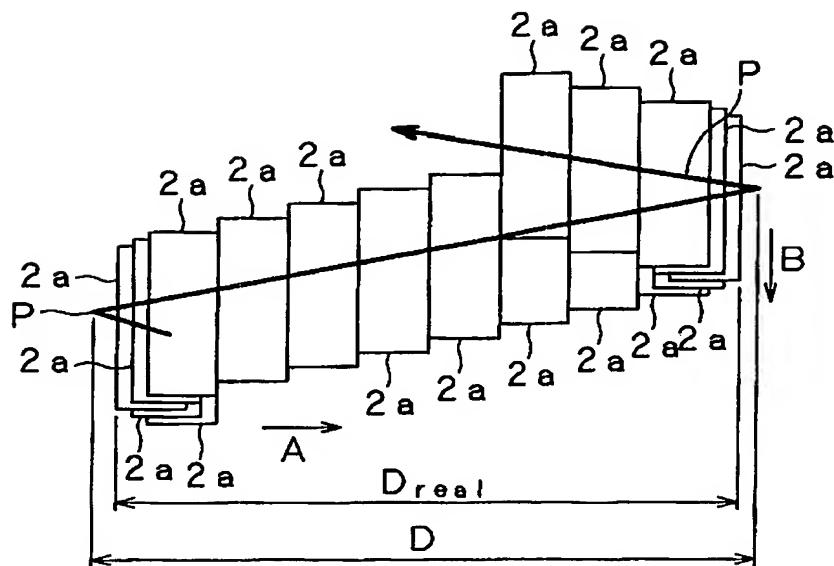
【図5】



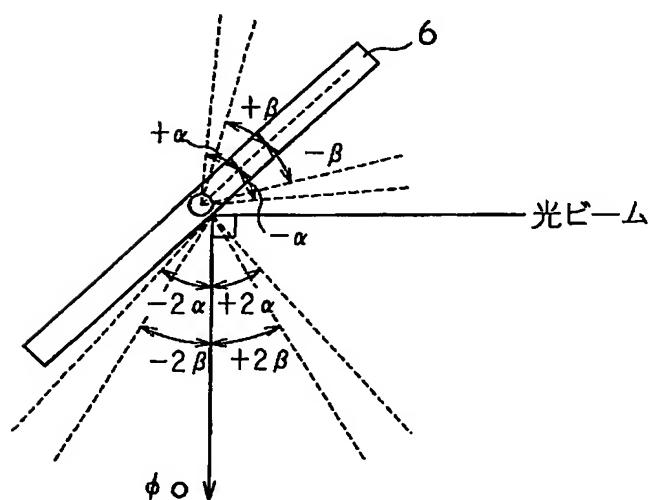
【図6】



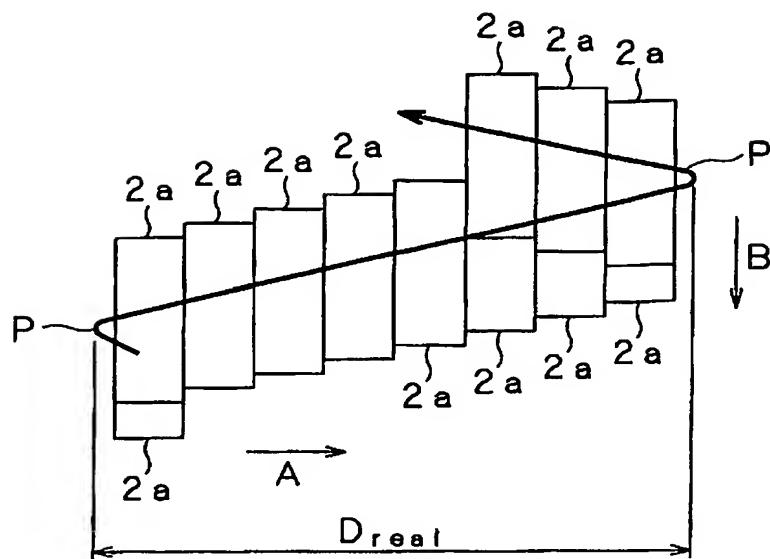
【図7】



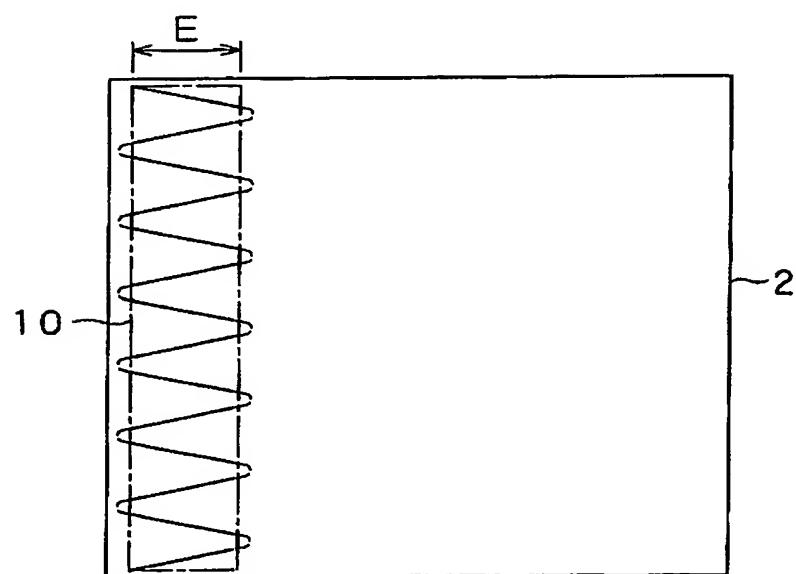
【図8】



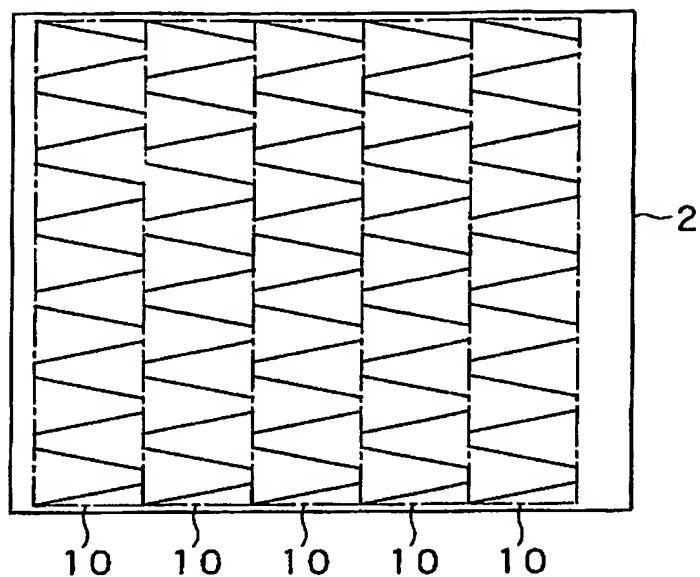
【図9】



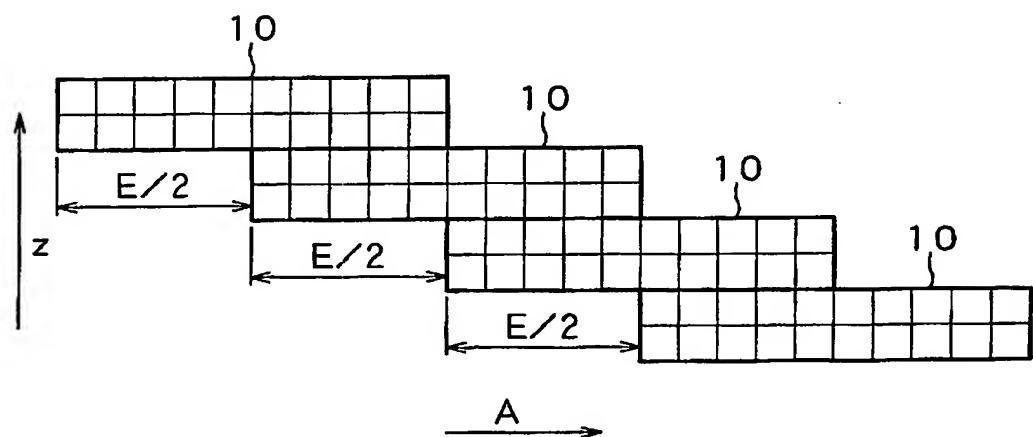
【図10】



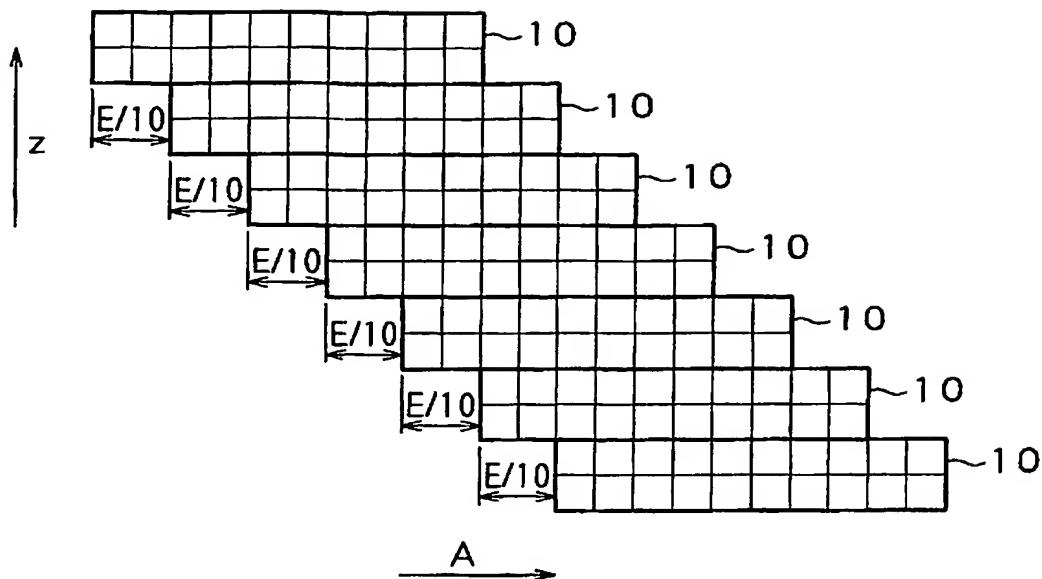
【図11】



【図12】

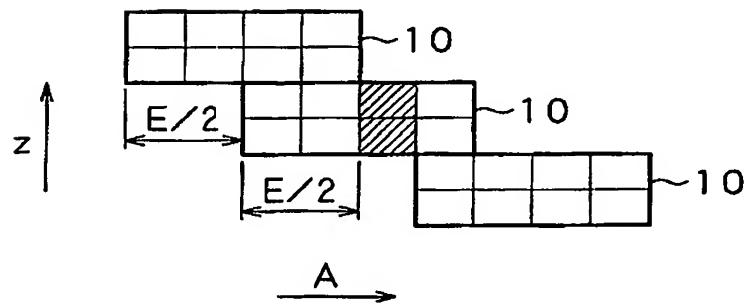


【図13】

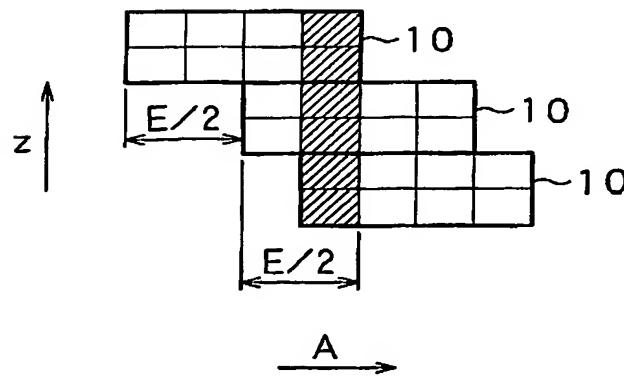


【図14】

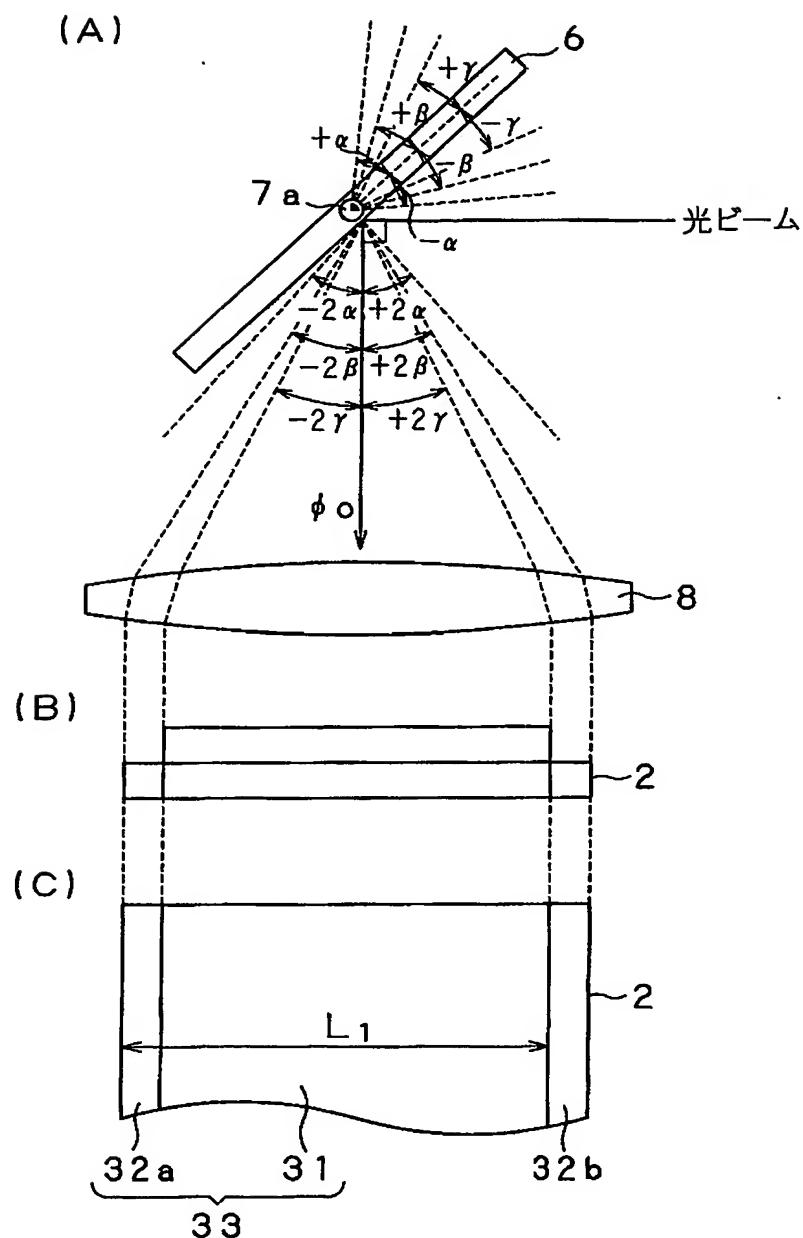
(A)



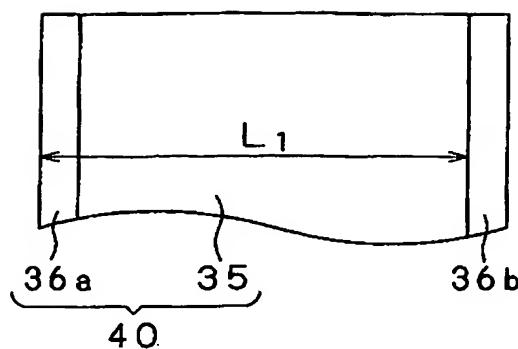
(B)



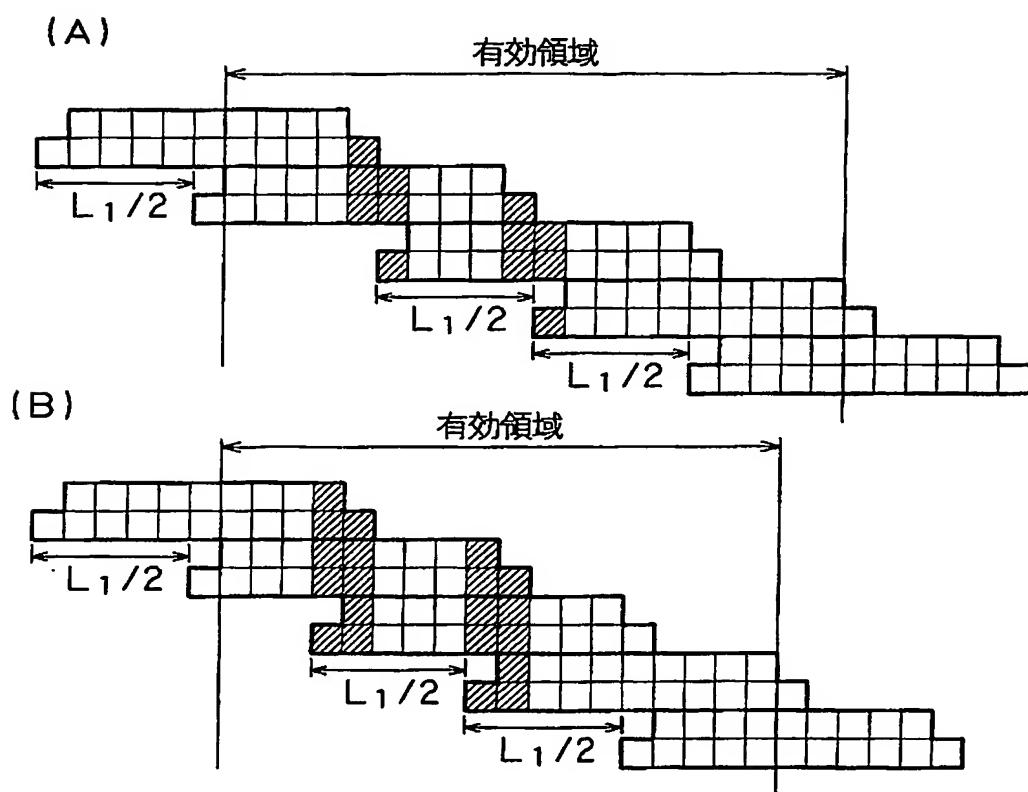
【図15】



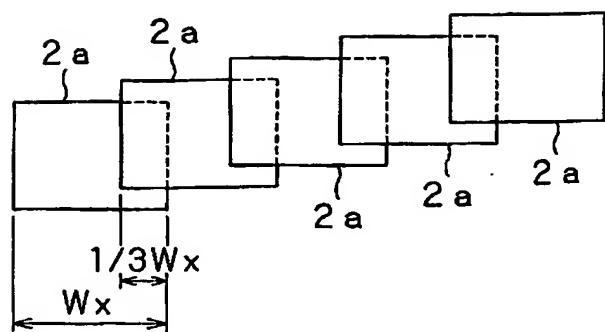
【図16】



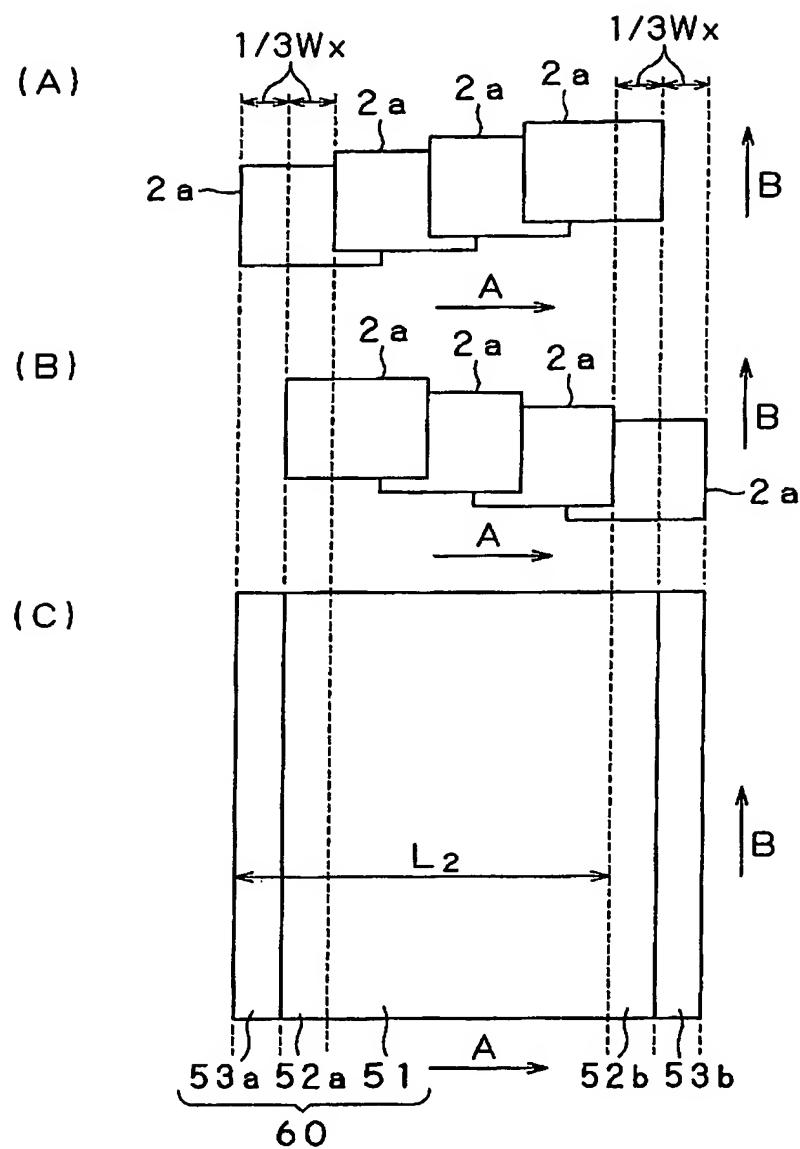
【図17】



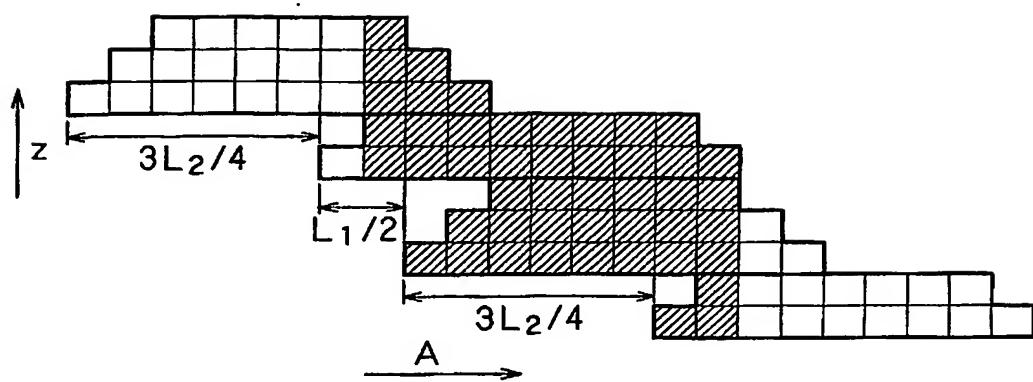
【図18】



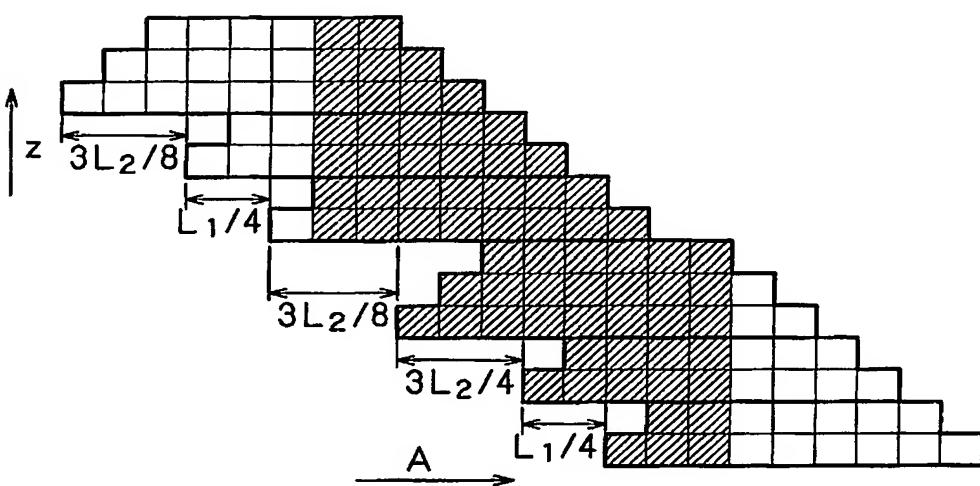
【図19】



【図20】

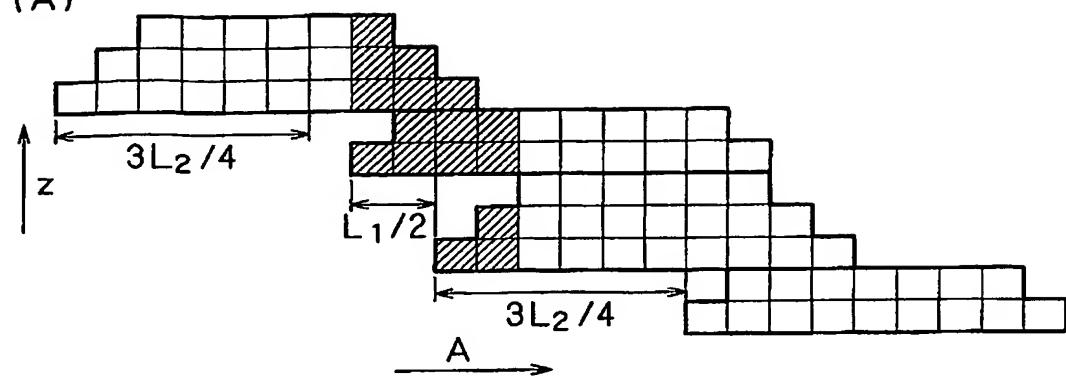


【図21】

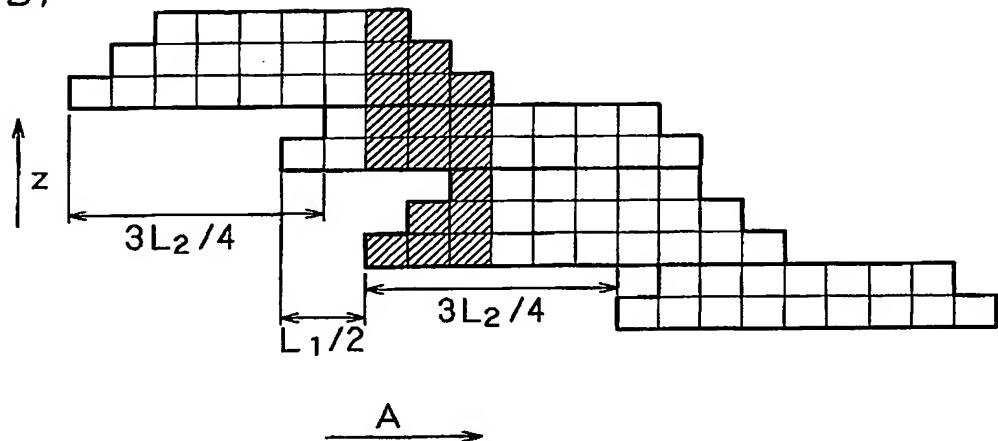


【図22】

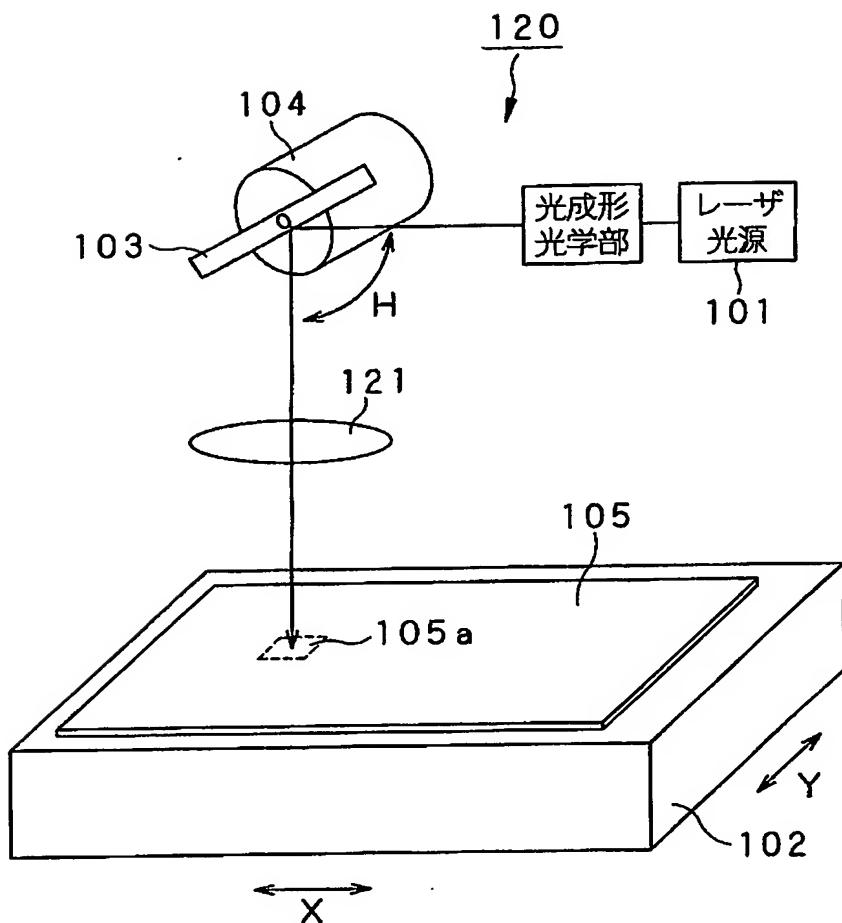
(A)



(B)



【図23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ光源として固体レーザを採用したときにも、被照射物の全面を均一なエネルギーで照射する。

【解決手段】 制御部9は、回転軸7aの回転が右回りから左回りに変化した後に回転角が $+\beta$ となった旨を検出して固体レーザ4のQスイッチをオンとし、続いて回転角が $-\beta$ となった旨を検出して固体レーザ4のQスイッチをオフとする。また、回転軸7aの回転が左回りから右回りに変化した後に回転角が $-\beta$ となった旨を検出して固体レーザ4のQスイッチをオンとし、続いて回転角が $+\beta$ となった旨を検出して固体レーザ4のQスイッチをオフとする。さらに、可動ステージ3を定速移動方向へ定速移動させる。そして、アニール対象物2に対して定速移動方向の一端から他端まで光ビームが照射された後に、可動ステージ3を、所定距離移動方向へ所定の距離だけ移動させる。

【選択図】 図1

特願2002-321705

出願人履歴情報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏名 ソニー株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.